

Reconstruction de parcellaire agrumicole réunionnais par photointerprétation et classification supervisée



Virginie Ravigné

Marine Weishaar, Camille Guilloteau,
Nathan Crequy, Ismaël Houillon, Corentin
Exbrayat, Adrien Maillot
avec l'aide précieuse d'**Anna Doizy**

La surveillance épidémiologique

Surveillance épidémiologique

- Détection précoce des émergences
- Suivi de la propagation des épidémies

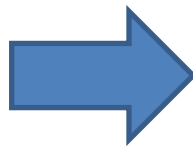
Protocoles de surveillance

- Pièges/plantes sentinelles
- Sites inspectés
- Fréquence d'inspection
- Tests diagnostiques

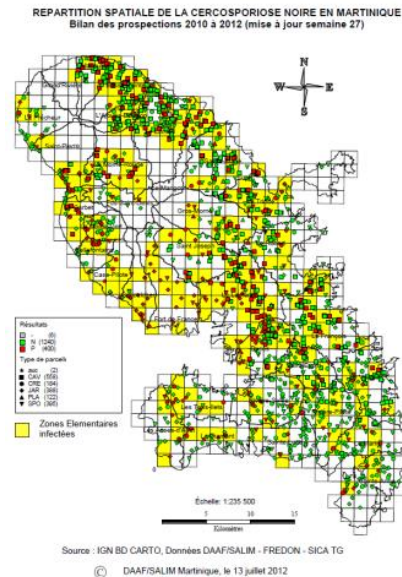


Données de terrain

- Présence/absence
- Incidence
- Sévérité
- Impacts



Exemple : Emergence de la maladie des raies noires du bananier en Martinique (*Pseudocercospora fijiensis*)



Gestion

- Maintien ou adaptation des mesures de quarantaine
- Eradication précoce
- Calibration des mesures de gestion (lutte biologique, arrachage, replantation...)

Accompagner l'épidémio-surveillance dans des paysages agricoles non industriels

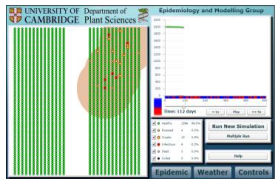
Questions des partenaires, glanées dans les comités de pilotage, sans réponse de la recherche

- Surveillance
 - Existe-t-il des bassins de production indépendants du point de vue du risque épidémiologique ?
 - Existe-t-il des parcelles plus à risque qui devraient faire l'objet d'une surveillance approfondie ?
- Gestion
 - Peut-on définir des zones en fonction de l'altitude qui devraient être gérées différemment ?
 - Faut-il arracher ? Avec quelle intensité ? Que faut-il replanter ? Faut-il imposer un moratoire avant replantation ?

L'optimisation de la surveillance épidémiologique

Travaux existants : outils de modélisation fournissant des recommandations pour la surveillance et la gestion

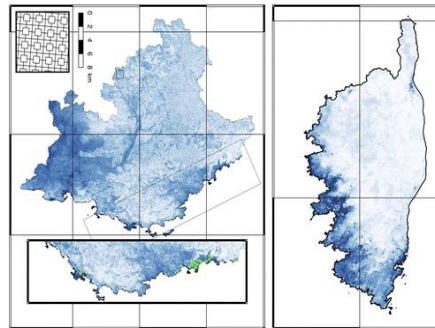
Grandes plantations
d'agrumes industrielles



Paysages vastes et uniformes

Cuniffe, Gilligan and coll.

Etudes pilotes sur *Xylella fastidiosa* en Europe



Données abondantes
et de qualité

Soubeyrand & Martinetti 2019

Modélisation du virus de la
Sharka sur *Prunus*



Petits paysages agricoles = plus
de stochasticité

Groupe G. Thébaud

La ré-émergence du HLB à la Réunion

- HLB = *greening*
- Menace importante au niveau mondial, absente du bassin méditerranéen
- *Candidatus Liberibacter africanus*, **asiaticus**, *americanus*
- Bactéries spécifiques des agrumes non cultivables
- Cause la mort des arbres après une longue phase infectieuse asymptomatique
- Transmise par psylles vecteurs et greffage



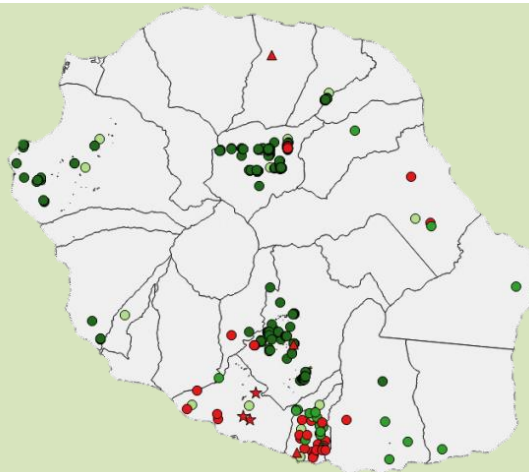
A la Réunion, émergence dans les années 70-80 et éradication quasi-réussie

Arrachages massifs
+
Lutte chimique intensive
+
Introduction de parasitoïdes

Depuis 2012, ré-émergence en cours à la Réunion
Organisme nuisible de catégorie 2 (importance locale)

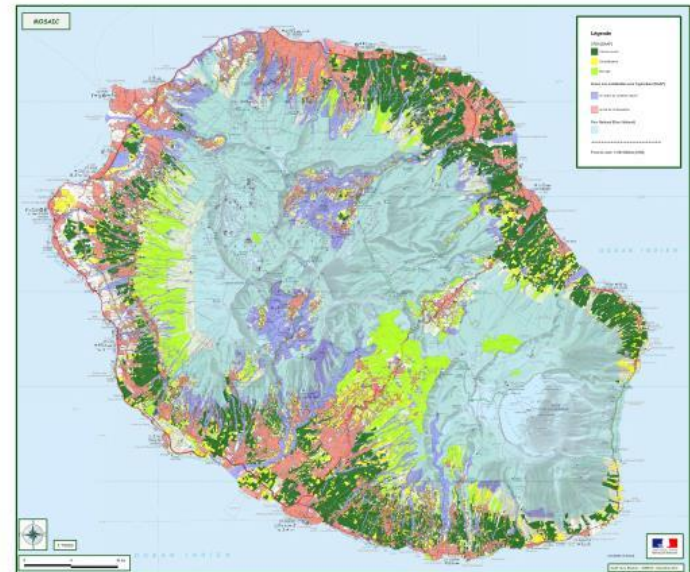
Suivi :

- organisé par DAAF
- réalisé par FDGDON
- avec les conseils d'un comité de pilotage incluant professionnels, Anses et Cirad
- Arrêté préfectoral d'arrachage des lots positifs



L'agrumiculture réunionnaise

- Petit paysage agricole
- Petites parcelles
- Grande fragmentation
- Hétérogénéité
 - Des conditions pédo-climatiques
 - Des espèces et variétés hôtes
 - Des modes de cultures (Dupré et al. 2017)
 - Des conditions biotiques (bioagresseurs, auxiliaires)



Accompagner l'épidémio-surveillance dans des paysages agricoles non industriels



- Le HLB est spécifique des agrumes
- Le paysage agrumicole est très structuré



Hyp : on s'attend à ce que la structure du paysage agrumicole contraigne fortement la propagation épidémique



Caractériser le paysage agrumicole



Améliorer la connaissance du paysage agrumicole

Source		Type de données	Nombre de parcelles
DAAF	BOS 2014 + BOS 2016 + Extrait de la catégorie AGRUMES de cette base de donnée	Déclarations des agriculteurs avec validation terrain dans les 3 années précédentes	1870 vergers dont 157 déclarés agrumes
Chambre d'Agriculture		Parcelles visitées sur Petite Ile	86 vergers d'agrumes
Cirad	O. Pruvost	Parcelles échantillonnées dans les 10 années précédentes	133 vergers d'agrumes

Peu d'informations sur les agrumes avec beaucoup de vergers de culture inconnue

Comparaison entre bases de données : peu de chevauchement → complémentarité !

Comparaison avec images aériennes Google Earth ou orthophotographie IGN :

Beaucoup de parcelles n'étant pas des vergers (env. 20 %)

Beaucoup de vergers non référencés dans ces bases

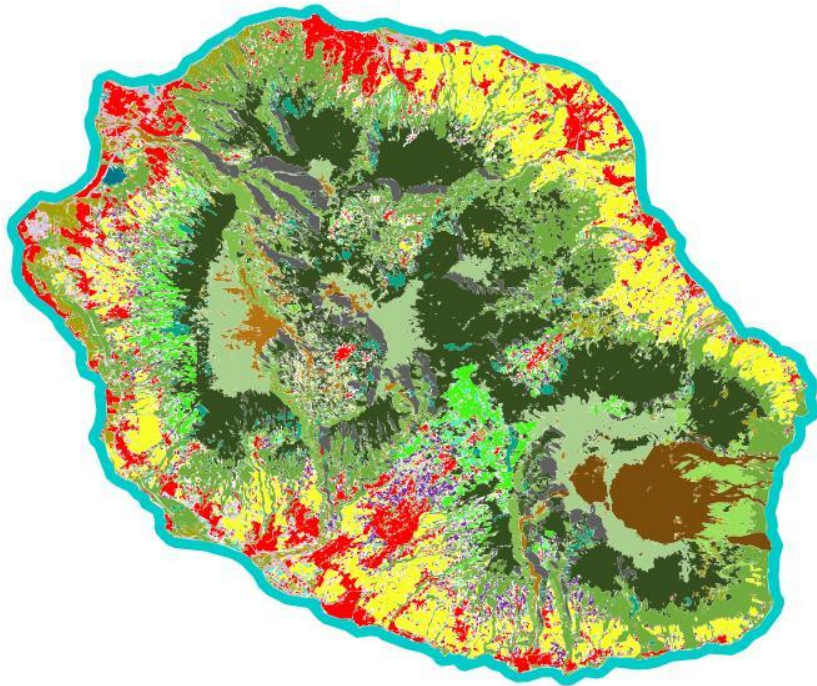
Nécessité de compléter par nous-mêmes

La télédétection ?

Travaux des équipes de l'unité TETIS

Dupuy, Stéphane; Gaetano, Raffaele, 2019, "La Réunion - Carte d'occupation du sol, 2017 (Spot6/7)", doi:10.18167/DVN1/OMHZQL, CIRAD Dataverse, V1

Projet GABIR (Gestion Agricole des Biomasses à l'échelle de l'île de la Réunion)



Images

- Mosaïque Spot6/7 2017
- Pléiades 2017
- Sentinel-2 et Landsat-8 2017

Chaine de traitement Moringa

Segmentation du paysage

Classification supervisée des segments

La classe « verger d'agrumes » pose problème :

48,8% des segments connus comme « verger d'agrumes » sont attribués à d'autres classes

Les erreurs se répartissent majoritairement entre canne à sucre, autres cultures maraichères, verger de manguiers, plantation de palmier, autre végétation arborée

La photointerprétation

Travail de photointerprétation

Google Earth + Orthophotographies IGN

Identification de vergers

Tangor et mandarine



Orange

Citron

Mais impossibilité de différencier de vergers de mangues et de litchis

agrumes



mangues

La photointerprétation

Identification de vergers candidats couplée à une validation terrain

- Sur la base des 1870 vergers issus de la synthèse des bases de données institutionnelles
- Ajout de nouveaux vergers
- Elimination de contours non vergers



- Redéfinition du contour des parcelles
- Ajout de dates de début et fin de visibilité des parcelles sur GEarth



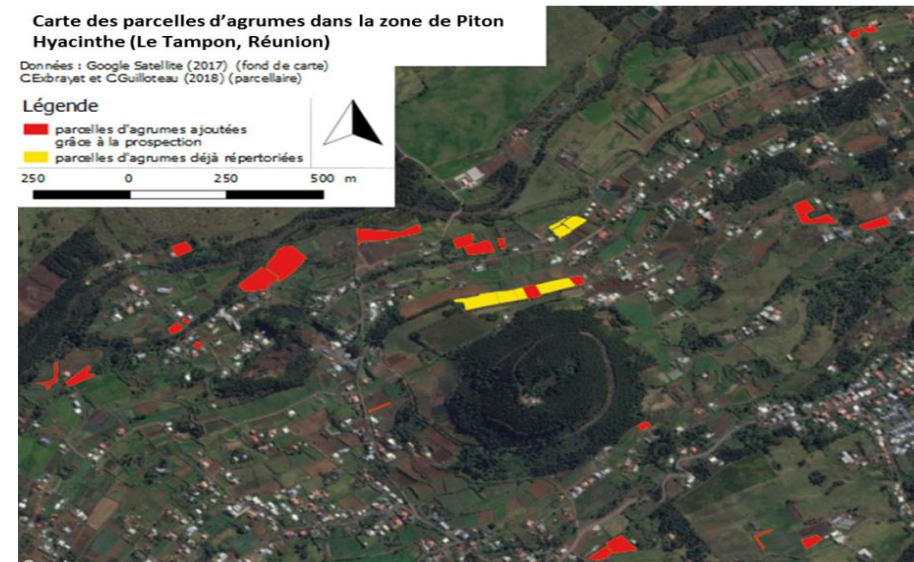
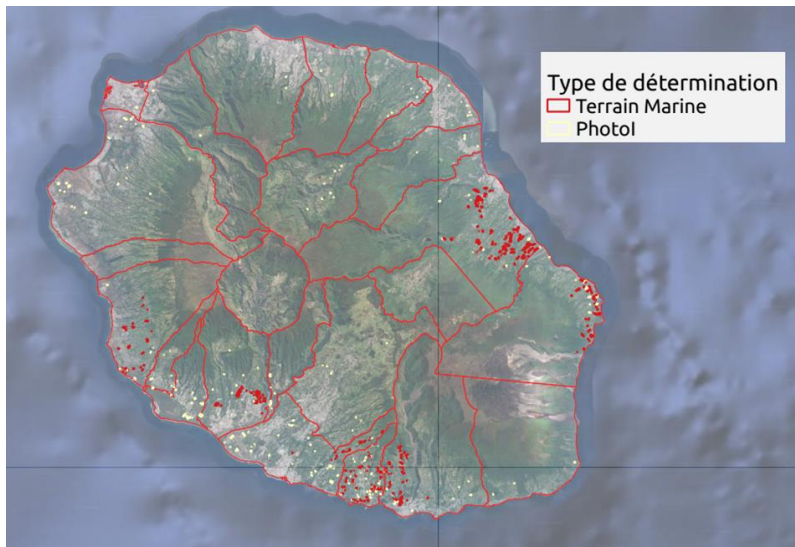
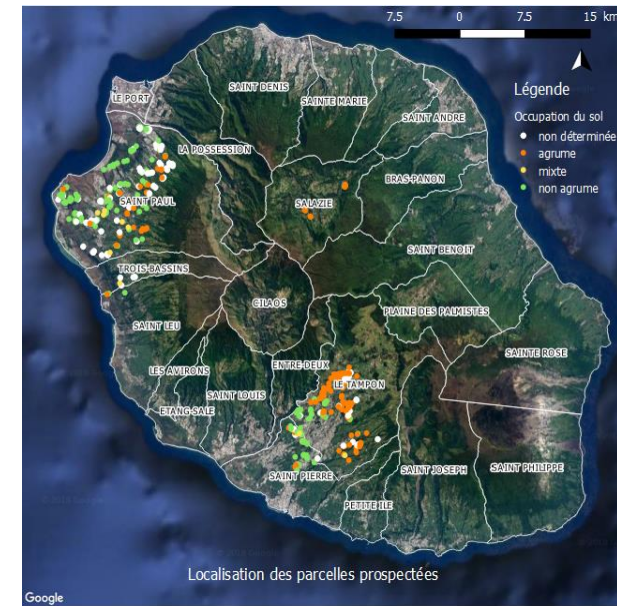
Total = 2822 parcelles définies

Validation terrain

Deux campagnes principales + missions au fil de l'eau

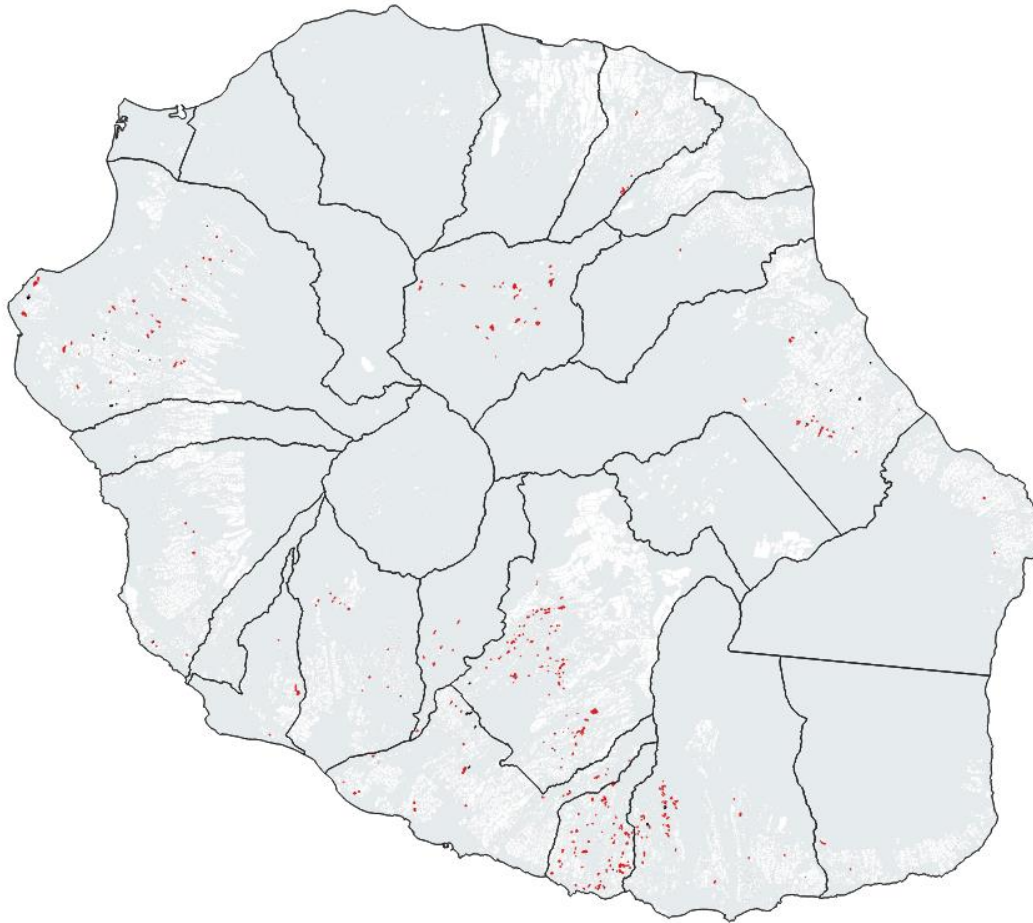
2019 : Zones prioritaires au plan épidémiologique (Petite Ile, Saint-Paul). 505 parcelles prospectées, au cours de 17 sorties de durée variable de la demi-journée à la journée. En tout, 406 ha ont été prospectés dont 63 ha d'agrumes.

2020 : Compléter un tour de l'Ile (Saint Benoit, Sainte Rose, Avirons) + état des lieux à Petite Ile. 508 parcelles prospectées au cours de 11 sorties.



Résultat

- Au total 2822 parcelles considérées
- 40% (soit 1543) visitées au cours des 2 dernières années
- 22% des parcelles visitées sont des agrumes (601 parcelles soit environ 250 à 300 ha)



Prédiction du statut des parcelles non visitées restantes

- La probabilité qu'une parcelle non visitée soit un verger d'agrumes doit dépendre à un certain degré de variables pédo-climatiques correspondant aux conditions favorables à la culture
- Elle dépend aussi d'un contexte humain (incitations par les communes, partage de savoir-faire entre connaissances...)

On construit une base de données avec

Variables pédo-climatiques disponibles sur AWARE

- températures
- réserve utile
- exposition au vent
- bilan climatique
- type de sol
- qualité agronomique du sol

Variables topologiques

- altitude
- pente

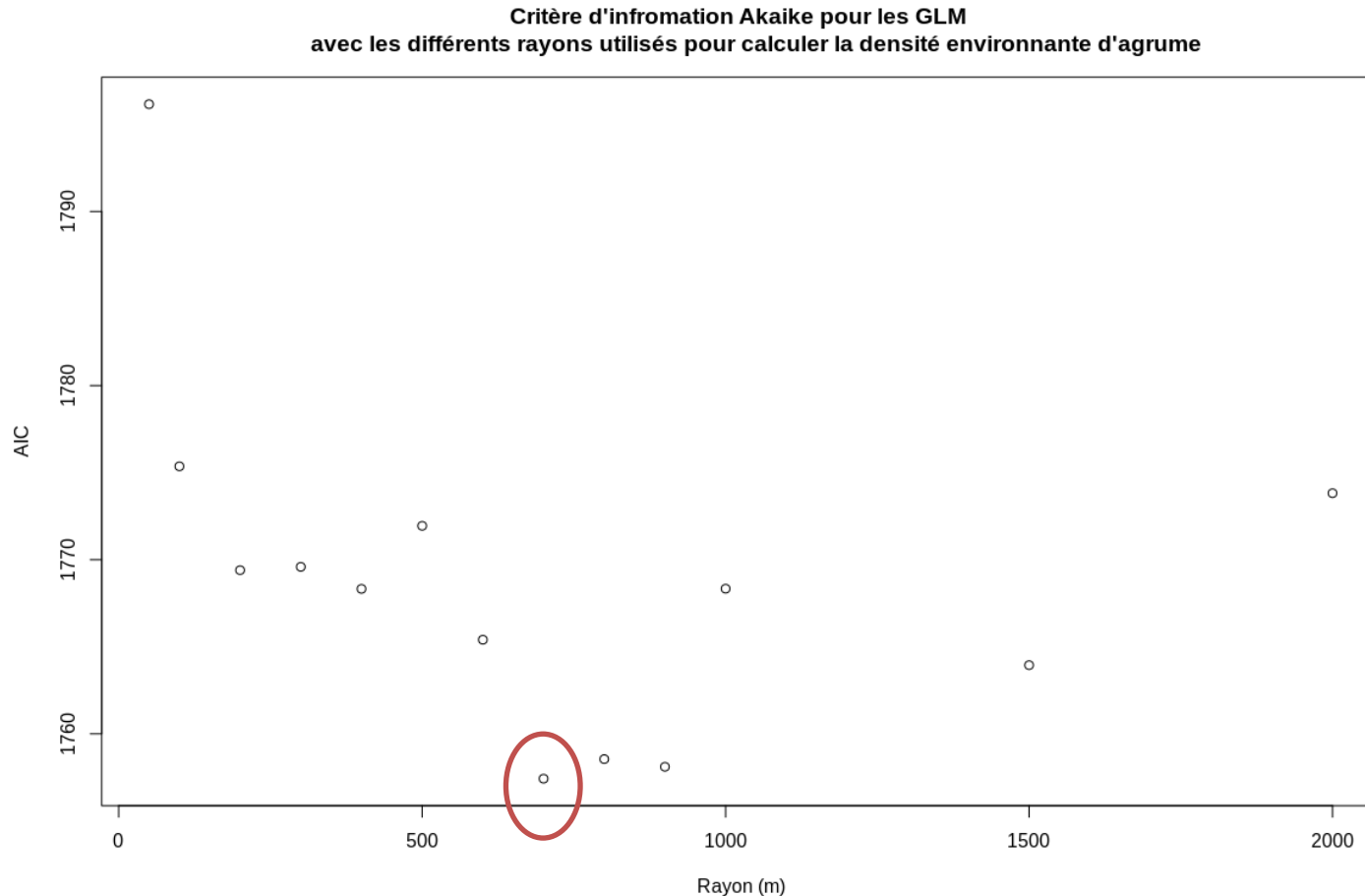
Variables « sociales »

- Commune
- Densité d'agrumes avoisinantes dans des rayons de 50m, 100m, 200m ... 2000m



Choix du rayon pertinent

Modèle linéaire généralisé (GLM) où la statut de la parcelle (Agrume vs. Non agrume) est expliqué par la densité environnante pour chaque rayon



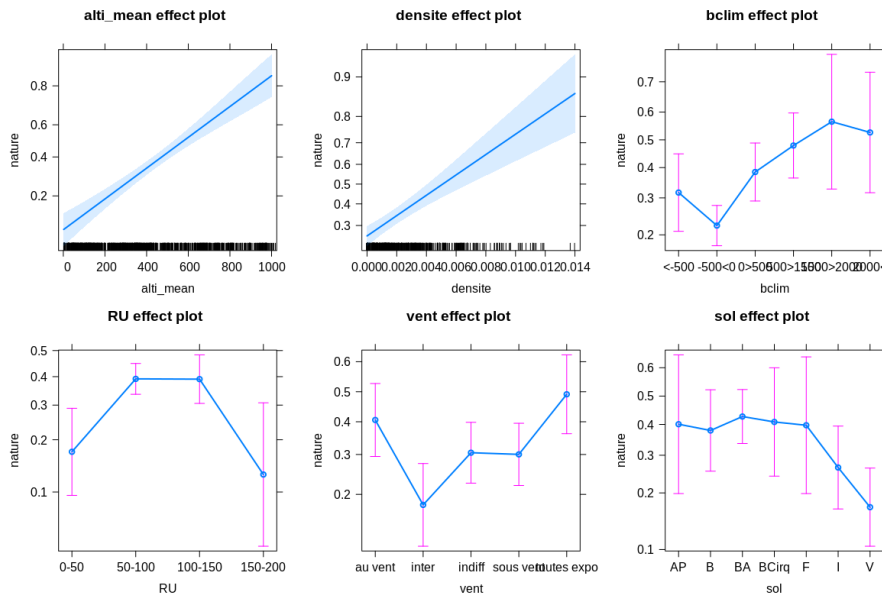
AIC minimal = rayon de 700m

Comparaison de méthodes de classification

Test de plusieurs méthodes de classification (package mlr sous R)

- GLM avec les variables explicatives
- PCR (principal component regression) = regression linéaire sur axes d'une AFM
- PLSr (partial least squares regression)
- SVM (support vector machines)
- Random Forest

Ex : GLM 23% de mauvais classements



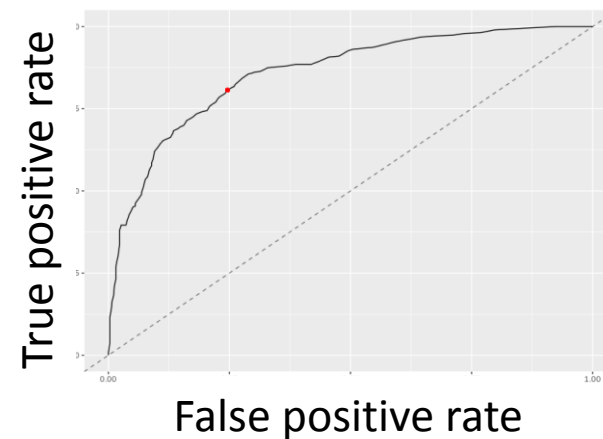
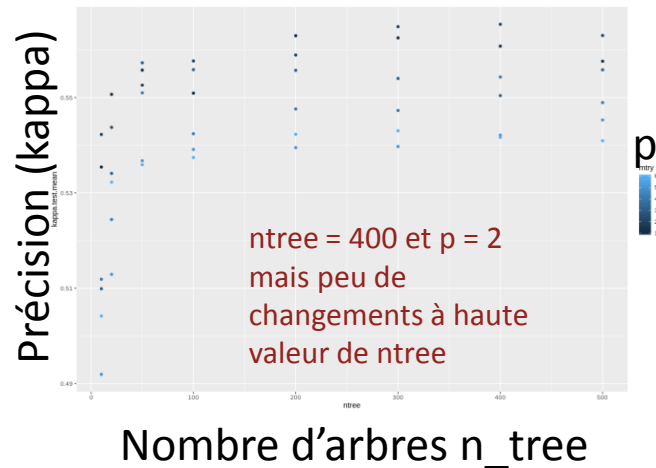
Ex : SVM 35% de mauvais classements en validation croisée

Random forest

Méthode d'apprentissage automatique basée sur des arbres de décisions

- Une forêt compte n_tree arbres de décision
- Chaque arbre est entraîné sur un jeu de données d'apprentissage de n données tirées avec remise et de p variables prédictives
- On stocke les n_tree prédictions de la variable d'intérêt (ici le statut des parcelles) produites par chaque arbre
- La forêt aléatoire produit ainsi un vote majoritaire

Optimisation des paramètres



ROC : receiver operating characteristic
AUC : aire sous la courbe = 0.8603008

Random forest final

Validation croisée automatique :

jeu de données divisé en 5 échantillons

chaque échantillon sert de base d'apprentissage pour les 4 autres

on moyenne les mesures de performance

Logloss = 0.4942749 (0 \rightarrow +inf)

Taux de mauvaises prédictions MMCE = 0.2303069 (100 % \rightarrow 0%)

Précision / taux de bonnes prédictions Kappa = 0.5232644 (-1 \rightarrow +1)

Plutôt bon mais pas excellent (Landis & Koch 1977, Fleiss & Coeh 1973)

Trop peu pour extrapoler le paysage agrumicole à partir des parcelles connues

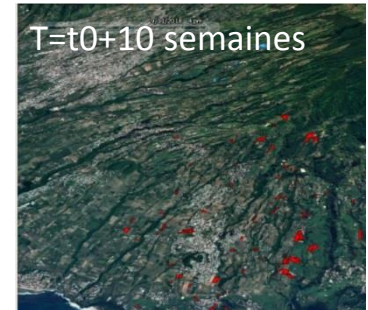
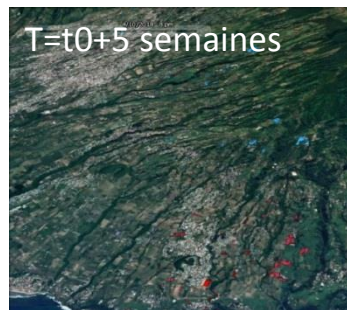
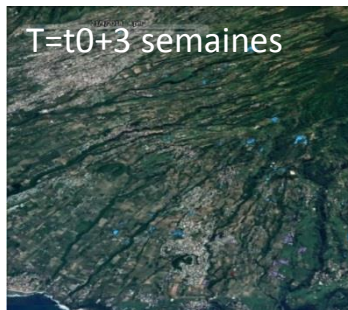
Conclusions & perspectives

A la recherche des agrumes perdus...

- Poursuite de la validation de terrain
- Poursuite de la piste random forest avec prise en compte de nouvelles variables prédictives
 - Usage des sols dans un rayon autour des parcelles d'intérêt (notamment manguiers, letchis)
 - Dynamique temporelle (age estimé des parcelles)

Et après :

- Modélisation de la dynamique épidémiologique du HLB dans le parcellaire connu et dans des parcellaires extrapolés → variance des prédictions épidémiologiques liées à l'incertitude sur la position des parcelles



Remerciements



Cirad – TETIS

Stéphane Dupuy

Pascal Degenne

Danny Lo Seen

Cirad – AIDA

Lionel Le Mézo

AWARE l'atlas web du Cirad



DAAF

Alexandre Coddeville

Bruno Debenay

François Letoublon

Chambre d'agriculture

Guillaume Maratchia



FDGDON

Estelle Roux

Romuald Fontaine

Equipes de terrain et labo



Cirad - PVBMT

Fred Chiroleu

Anna Doizy

Arthur Bailly

Hugo Santacreu

Marc-Antoine Sihou

Bernard Reynaud

François Hervy

Maeva Vinot



Inra

Benoit Facon

Samuel Soubeyrand